



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: **90110888.6**

Int. Cl.<sup>5</sup>: **C22C 38/12, C22C 38/60**

Anmeldetag: **08.06.90**

Priorität: **09.06.89 DE 3918869**  
**02.05.90 DE 4014072**

Anmelder: **Thyssen Edelstahlwerke AG**  
**August-Thyssen-Strasse 1**  
**D-4000 Düsseldorf(DE)**

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.02.91 Patentblatt 91/06**

Erfinder: **Schüler, Volker Dipl.-Ing.**  
**Zur Hainbuche 28**

Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

**D-4150 Krefeld(DE)**  
Erfinder: **Richter, Klaus E., Dipl.-Ing.**  
**Schulstrasse 23**  
**D-6085 Nauheim(DE)**

**Verwendung von ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen (AFP -) Stählen als Werkstoff für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren.**

Die Erfindung betrifft die Verwendung von ausscheidungshärtenden ferritischperlitischen Stählen, bestehend aus  
0,20 bis 0,60 % Kohlenstoff  
0,20 bis 0,95 % Silicium  
0,50 bis 1,80 % Mangan  
0,004 bis 0,04 % Stickstoff  
0,05 bis 0,20 % Vanadium und/oder Niob  
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen als Werkstoff für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren.

**EP 0 411 282 A2**

## VERWENDUNG VON AUSSCHIEDUNGSHÄRTENDEN FERRITISCH-PERLITISCHEN (AFP-) STÄHLEN ALS WERKSTOFF FÜR GASWECHSELVENTILE VON VERBRENNUNGSMOTOREN.

Die Erfindung betrifft die Verwendung von ausscheidungshärtenden ferritisch-perlitischen Stählen, sog. AFP-Stählen, als Werkstoff für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren.

Gaswechselventile sind Ein- und Auslaßventile in Verbrennungsmotoren, die den Gaswechsel im Motor regeln und den Arbeitsraum des Zylinders nach außen abdichten.

5 Die Motorentwicklung zu immer höheren Leistungen führt zu einer stetig größer werdenden Wärmebelastung der Ventile, wobei die von heißen Verbrennungsgasen umspülten Auslaßventile Betriebstemperaturen bis ca. 850 °C erreichen. Einlaßventile werden dagegen durch das Frischgas gekühlt und erreichen selten Temperaturen über 550 °C.

10 Neben hohen Warmfestigkeitseigenschaften der Ventilwerkstoffe sind weitere Gebrauchseigenschaften gefordert, wie sie schematisch in Fig. 1 wiedergegeben sind 1) .

Für diese Eigenschaften sind spezielle Ventilwerkstoffe entwickelt worden, die in DIN 17480 2) genormt sind. Werkstoffkundlich werden drei Gruppen unterschieden:

- martensitisch-carbidische Stähle, wie die Werkstoffe Nr. 1.4718, 1.4731, 1.4748
- austenitisch-carbidische Stähle, z.T. aushärtbar, wie die Werkstoffe Nr. 1.4873, 1.4875, 1.4882, 1.4785 und
- 15 austenitisch-aushärtbare Legierungen, wie die Werkstoffe Nr. 2.4955, 2.4952.

Die Ventilhersteller berücksichtigen bei der Auslegung der unterschiedlich belasteten Ventile die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften der Ventilwerkstoffe. So werden gering belastete Einlaßventile als Einmetallventile ("Monoventile") häufig aus dem Stahl 1.4718 (X 45 CrSi 93) hergestellt. Dabei werden beispielsweise vergütete, geschliffene Stäbe partiell konduktiv erwärmt und gleichzeitig birnenförmig

20 gestaucht. Danach wird im Gesenk der Ventilteller geschmiedet, dann wird vergütet oder angelassen und schließlich erfolgt die Fertigbearbeitung. Bei hoch beanspruchten Auslaßventilen ist der Ventilhersteller häufig gezwungen, Ventilwerkstoffe sinnvoll miteinander zu kombinieren. Wie in Fig. 1 am Beispiel eines Bimetallventiles dargestellt, kann z.B. durch Reibschweißen eines Ventiltellers aus dem Stahl 1.4871 (X 53 CrMnNi N 21 9) mit einem Stahl 1.4718 (X 45 CrSi 93) die hohe Warmfestigkeit und Heißgaskorrosionsbeständigkeit des aushärtbaren austenitischen Stahles mit dem hohen Verschleißwiderstand und den guten Gleiteigenschaften des härtbaren martensitischen Stahles kombiniert werden.

Nach dem heutigen Stand der Technik werden für Einlaßventile und gering beanspruchte Auslaßventile sowie für Schäfte von Ein- und Auslaßbimetallventilen mehr als die Hälfte des Gesamtbedarfs an Ventilwerkstoffen aus dem Stahl 1.4718 (X 45 CrSi 9 3) oder Modifikationen hergestellt. Diese Stähle werden

30 beim Stahlhersteller und Ventilhersteller entsprechend den Haupt-Fertigungsfolgen, wie sie in den Figuren 2 und 3 dargestellt sind, verarbeitet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, anstelle der bisher eingesetzten martensitisch-carbidischen Stähle, die entsprechend der Fertigungsfolge sowohl beim Stahlerzeuger als auch beim Ventilhersteller mehrfach wärmebehandelt werden müssen, Stähle einzusetzen, die möglichst ohne Wärmebehandlung die

35 geforderten Ventileigenschaften erreichen und einen geringeren Bearbeitungsaufwand erfordern.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden erfindungsgemäß AFP-Stähle der Zusammensetzung nach einem oder mehrerer der Ansprüche vorgeschlagen.

Es wurde festgestellt, daß AFP-Stähle sowohl nach dem Walzen zu Draht als auch nach dem Stauchen und Gesenkschmieden mit gesteuerter Abkühlung von Warmformgebungstemperatur an Luft ("Zustand BY") mechanisch-technologische Werte aufweisen, die denen des Stahles 1.4718 vergleichbar sind. Tafel 1 zeigt die chemische Zusammensetzung, Tafel 2 und Fig. 4 die Festigkeitseigenschaften bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen. Tafel 3 und Fig. 5 kennzeichnen die Zeitstandfestigkeit der Vergleichswerkstoffe 1.4718 (X 45 CrSi 9 3) und eines AFP-Stahles. Demnach sind AFP-Stähle im Zustand BY eine

40 sinnvolle Alternative zu dem bekannten Stahl 1.4718.

Die aus dem erfindungsgemäß zu verwendenden AFP-Stahl bei einem Ventilhersteller hergestellten Einlaßventile wurden nach dem Stauchen und Gesenkschmieden an ruhender Luft abgekühlt und ohne Vergütung und sonstige Wärmebehandlung in Motorprüfständen erprobt. Die gefundenen Ergebnisse sind auch im Vergleich zu dem bisher eingesetzten Stahl 1.4718 positiv und ausreichend.

50 1). V. Schüler, T. Kreul, S. Engineer: "Edelbaustähle im Automobil", Thyssen Technische Berichte 2 (1986), S. 233-240

2). DIN 17480: "Ventilwerkstoffe", Beuth Verlag GmbH, Berlin 30 (September 1984)

Erfindungsgemäß zu verwendende Stähle haben gegenüber den bisher eingesetzten Materialien für Gaswechselventile den Vorteil, daß sie nach den in den Figuren 6 und 7 wiedergegebenen Fertigungsfolgen vereinfacht und damit kostensparender erzeugt werden können.

Beim Vergleich der Hauptfertigungsfolgen nach den Fig. 6 und 7 mit den bisher üblichen Hauptfertigungsfolgen in den Figuren 2 und 3 fällt zunächst beim Einsatz von AFP-Stählen der Wegfall von Wärmebehandlungen beim Stahlerzeuger und Ventilhersteller auf. Als weiterer Vorteil kann wegen der geringeren Riß- und Entkohlungsempfindlichkeit der AFP-Stähle im Vergleich zum Stahl 1.4718 und wegen der fehlenden Entkohlung durch wegfallende Wärmebehandlungsvorgänge das heute notwendige 100 %ige Blankschleifen des Halbzeuges zum Weiterwalzen beim Stahl 1.4718 durch partielles Fleckschleifen bei den AFP-Stählen ersetzt werden. Darüber hinaus kann das Bearbeitungsaufmaß zum Centerless-Schleifen von Stabstahl reduziert oder sogar ganz eingespart werden, indem man bei AFP-Stählen als Vormaterial für die Herstellung von Gaswechselventilen gezogene Stäbe anstelle von geschliffenen Stäben einsetzt.

Weitere Vorteile der AFP-Stähle gegenüber martensitisch-carbidischen Ventilstählen sind neben geringerer Riß- und Entkohlungsempfindlichkeit:

- . geringer Legierungsaufwand
- . bessere Strangvergießbarkeit
- . geringere Empfindlichkeit gegenüber grobkörniger Rekristallisation
- . bessere Zerspanbarkeit.

Insgesamt ergibt sich bei Verwendung der AFP-Stähle für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren durch diese Vorteile eine erhebliche Kosteneinsparung beim Stahlerzeuger und auch beim Ventilhersteller.

Tafel 1

25

30

35

40

45

50

55

Vergleichsstähle : 1.4718(X45CrSi93) und AFP-Stahl		
Chemische Zusammensetzung - Schmelzanalysen (Angaben in Mass.-%)		
Element	Stahl 1,4718	AFP-Stahl
	A	B
C	0,44	0,43
Si	2,78	0,66
Mn	0,32	1,38
P	0,015	0,008
S	0,003	0,027
Cr	8,93	0,15
Mo	0,12	0,02
Ni	0,20	0,08
V	0,03	0,12
W	0,02	< 0,01
Al	0,027	0,047
B	-	< 0,0004
Co	0,06	0,008
Cu	0,04	0,10
N	0,018	0,016
Nb	< 0,005	< 0,005
Ti	< 0,003	< 0,003
Sn	< 0,003	0,012
As	0,008	0,010

Tafel 2

5

Vergleichsstähle: 1.4718 (X45CrSi93) und AFP-Stahl

**Festigkeitseigenschaften bei Raumtemperatur und erhöhten Temperaturen**

10

Stahl A = 1.4718 17,5 mm Dmr.; Standardvergütung

15

Stahl B = AFP-Stahl 9,32 mm Dmr.; BY / gezogen / geschliffen

20

Stahl	Prüftemperatur	$R_p 0,2$	$R_p 1,0$	$R_m$	$\frac{R_p 0,2}{R_m}$	$A_5$	Z
	°C	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		%	%

25

A	20	899	959	1098	0,93	18,0	53,5
	450	611	708	776	0,78	26,8	76,0
	500	472	584	638	0,74	34,0	84,0
	550	344	440	510	0,67	38,3	90,1

35

40

B	20	876	-	1069	0,82	14,5	54,0
	450	564	651	681	0,83	1)	72,0
	500	433	529	536	0,81	1)	70,0
	550	337	399	400	0,84	1)	70,0

50

1) Bruch außerhalb des Meßmarkenbereiches

55

Tafel 3

5  
10  
15  
20  
25

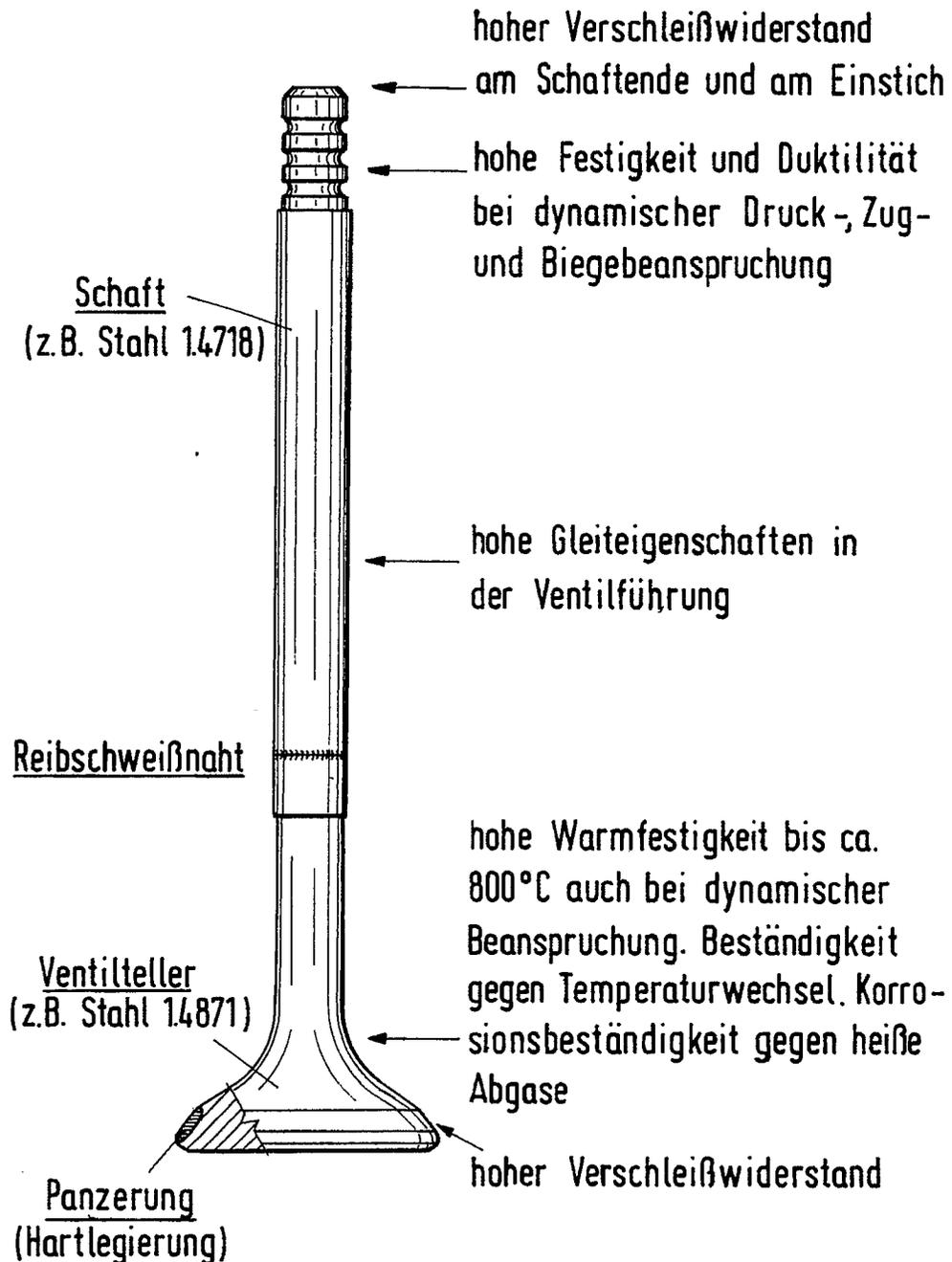
Vergleichsstähle 1.4718 (X45CrSi93) und AFP-Stahl			
Zeitstandfestigkeit bei 450, 500 und 550 °C für 10 <sup>2</sup> und 10 <sup>3</sup> h Beanspruchungsdauern			
Stahl A = 1.4718, 17,5 mm Dmr.; Standardvergütung Stahl B = AFP-Stahl 9,32 mm Dmr.; BY / gezogen / geschliffen			
Stahl	Prüftemperatur °C	Zeitstandfestigkeit für	
		10 <sup>2</sup> h N/mm <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup> h N/mm <sup>2</sup>
A	450	500	380
	500	330	230
	550	210	130
B	450	410	310
	500	260	150
	550	140	70

**Ansprüche**

30  
35  
40  
45  
50  
55

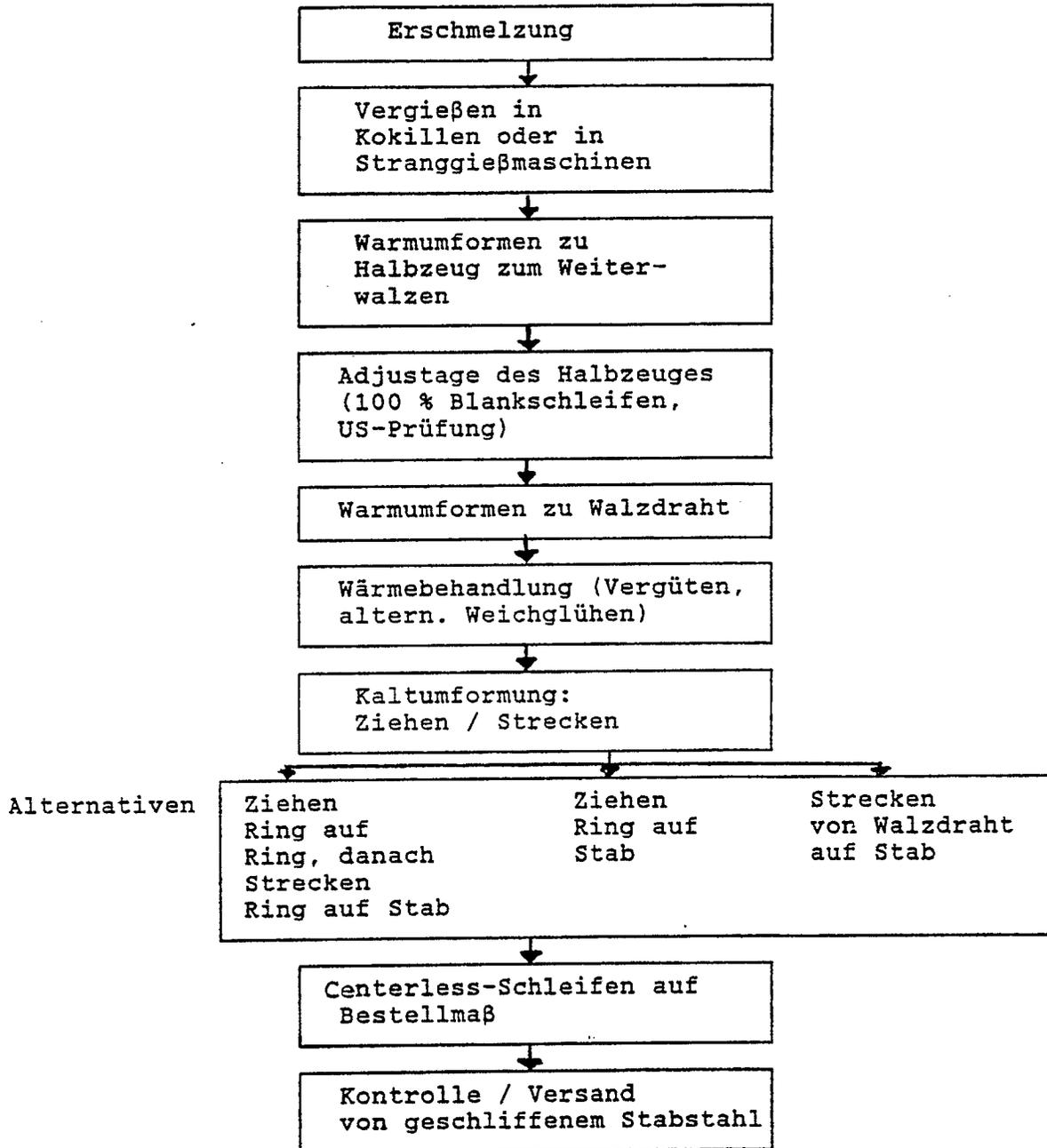
1. Verwendung von ausscheidungshärten ferritisch-perlitischen Stählen, bestehend aus  
0,20 bis 0,60 % Kohlenstoff  
0,20 bis 0,95 % Silicium  
0,50 bis 1,80 % Mangan  
0,004 bis 0,04 % Stickstoff  
0,05 bis 0,20 % Vanadium und/oder Niob  
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen als Werkstoff für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren.
2. Verwendung eines Stahls nach Anspruch 1, der zusätzlich noch bis 0,20 Schwefel, bis 0,70 % Chrom, bis 0,10 % Aluminium, bis 0,05 % Titan einzeln oder zu mehreren enthält, für den Zweck nach Anspruch 1.
3. Verwendung eines Stahls nach Anspruch 1 und 2 mit  
0,35 bis 0,50 % Kohlenstoff  
0,40 bis 0,80 % Silicium  
1,00 bis 1,60 % Mangan  
0,05 bis 0,50 % Chrom  
0,01 bis 0,05 % Aluminium  
0,008 bis 0,03 % Stickstoff  
0,05 bis 0,12 % Vanadium,  
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen für den Zweck nach Anspruch 1.
4. Verwendung eines Stahls nach Anspruch 3, der zusätzlich noch bis 0,05 % Schwefel, bis 0,05 % Niob, bis 0,025 % Titan einzeln oder zu mehreren enthält, für den Zweck nach Anspruch 1.

Fig. 1



Anforderungen an ein reibgeschweißtes Bimetall-  
auslaßventil

Hauptfertigungsfolgen von martensitisch-carbidischen (Beispiel: X 45 CrSi 9 3) oder anderen martensitischen Ventilstählen beim Stahlerzeuger (Stand der Technik)



Hauptfertigungsfolgen von martensitisch-carbidischen (Beispiel: X 45 CrSi 9 3) oder anderen martensitischen Ventilstählen beim Ventilhersteller (Stand der Technik)

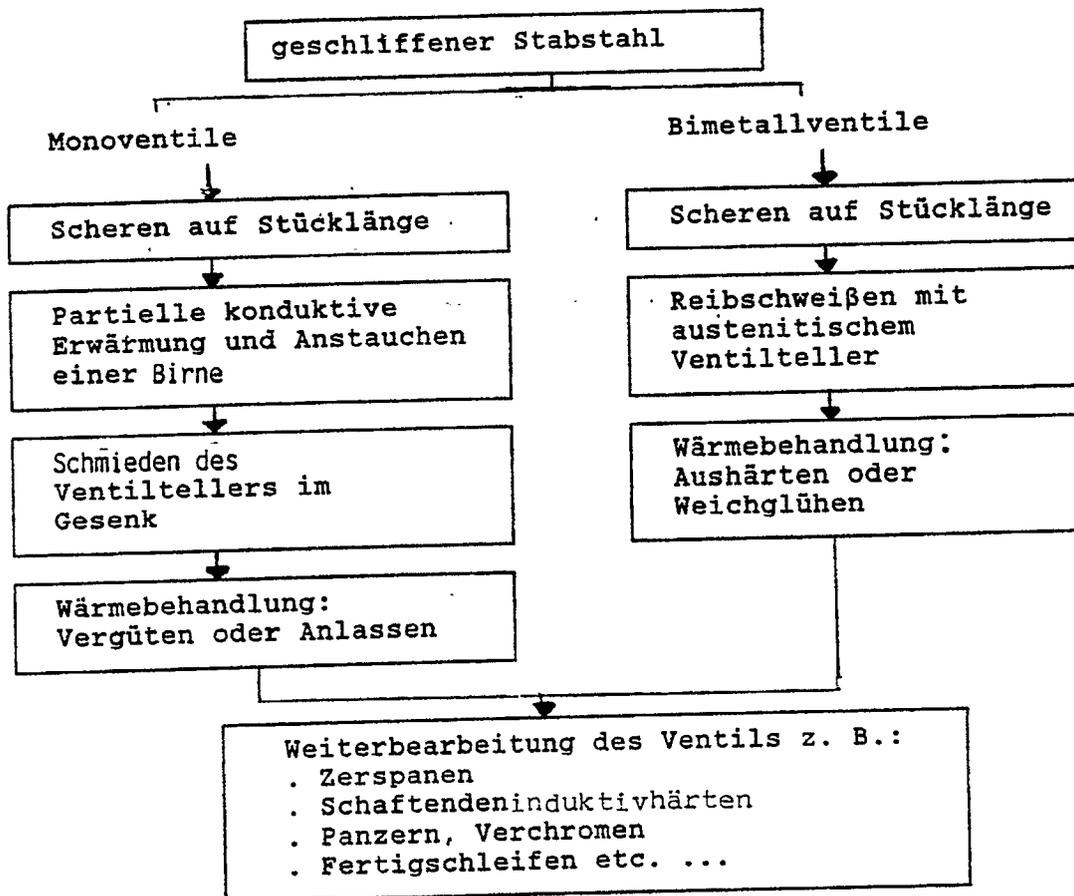
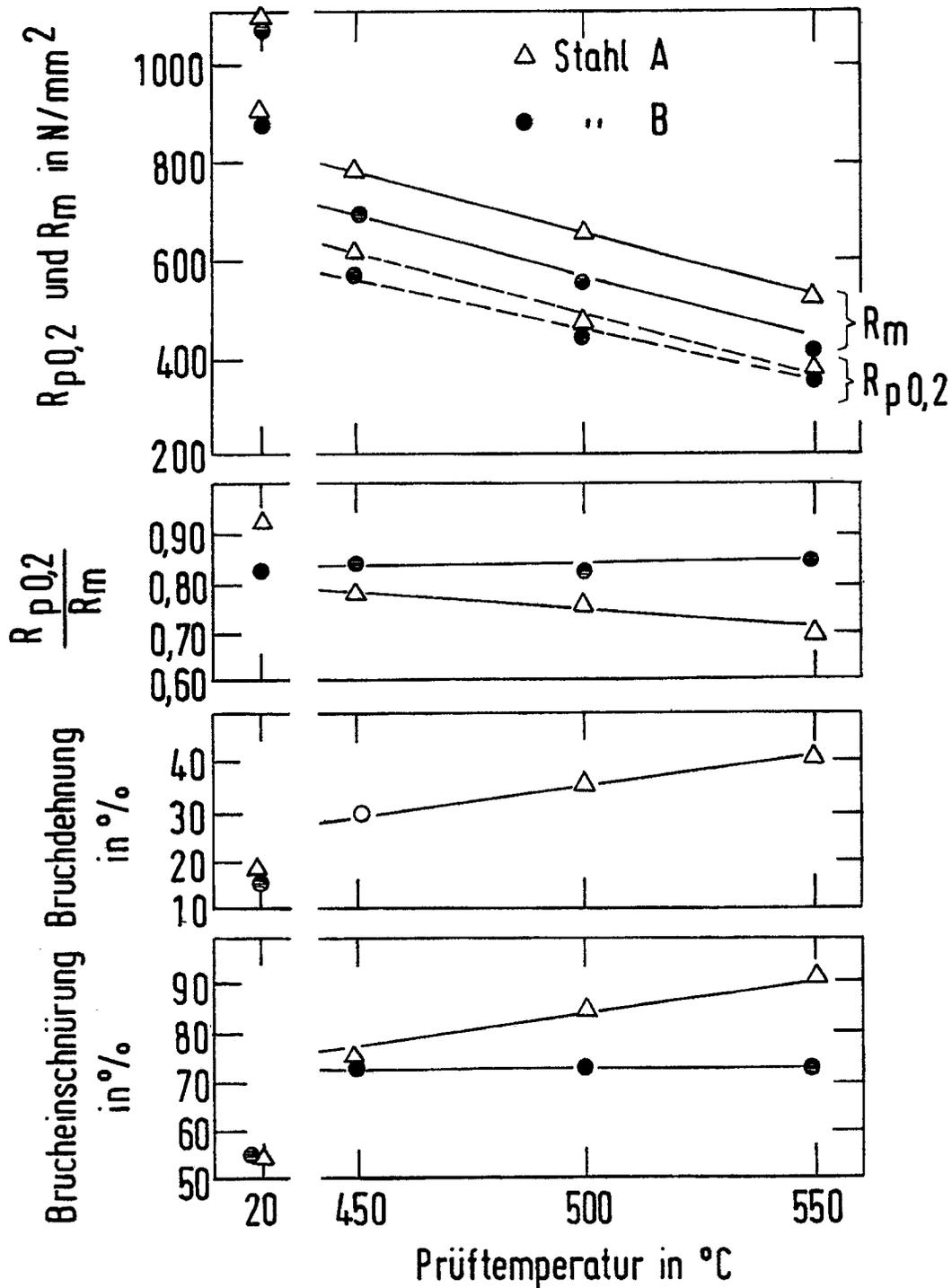
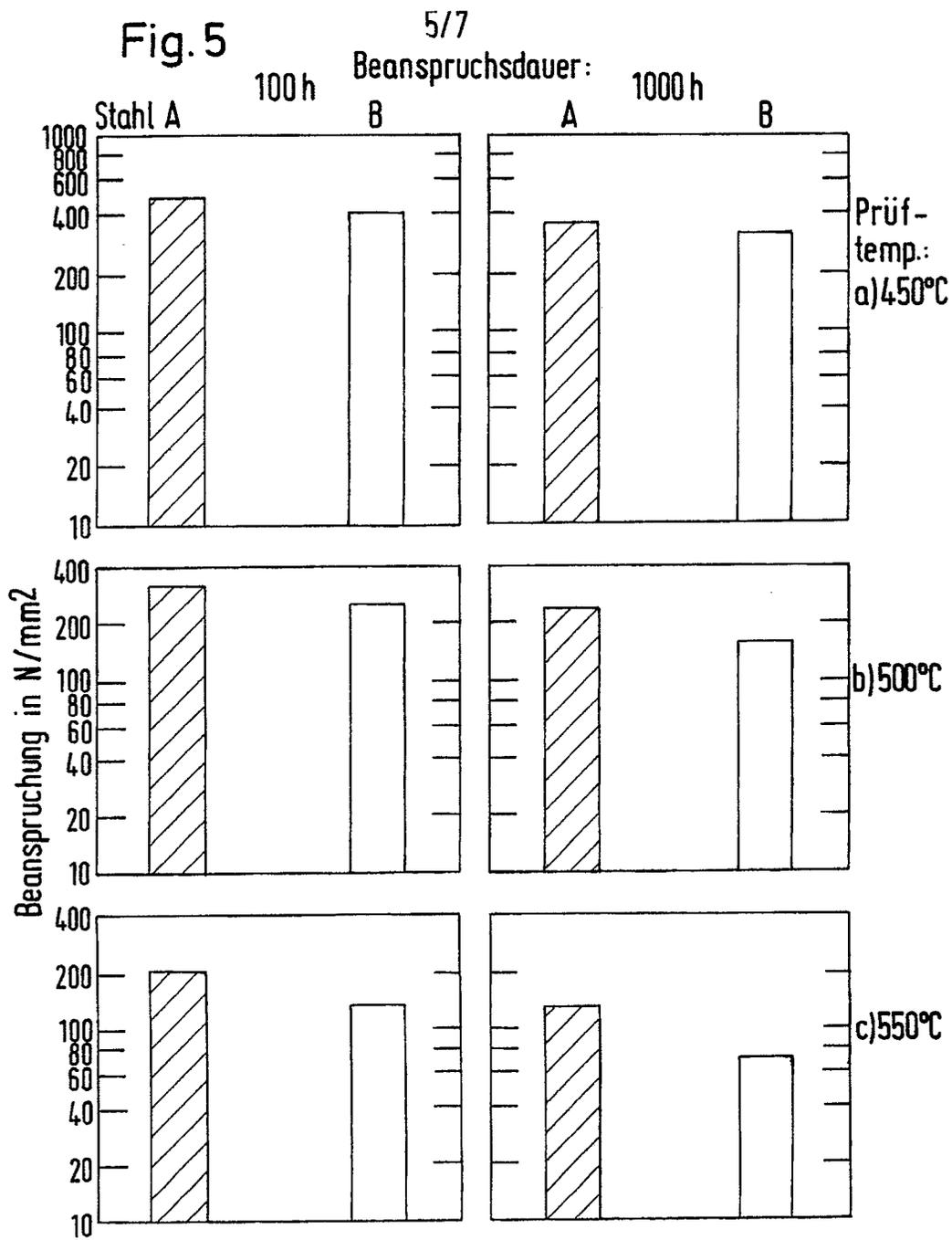


Fig. 4

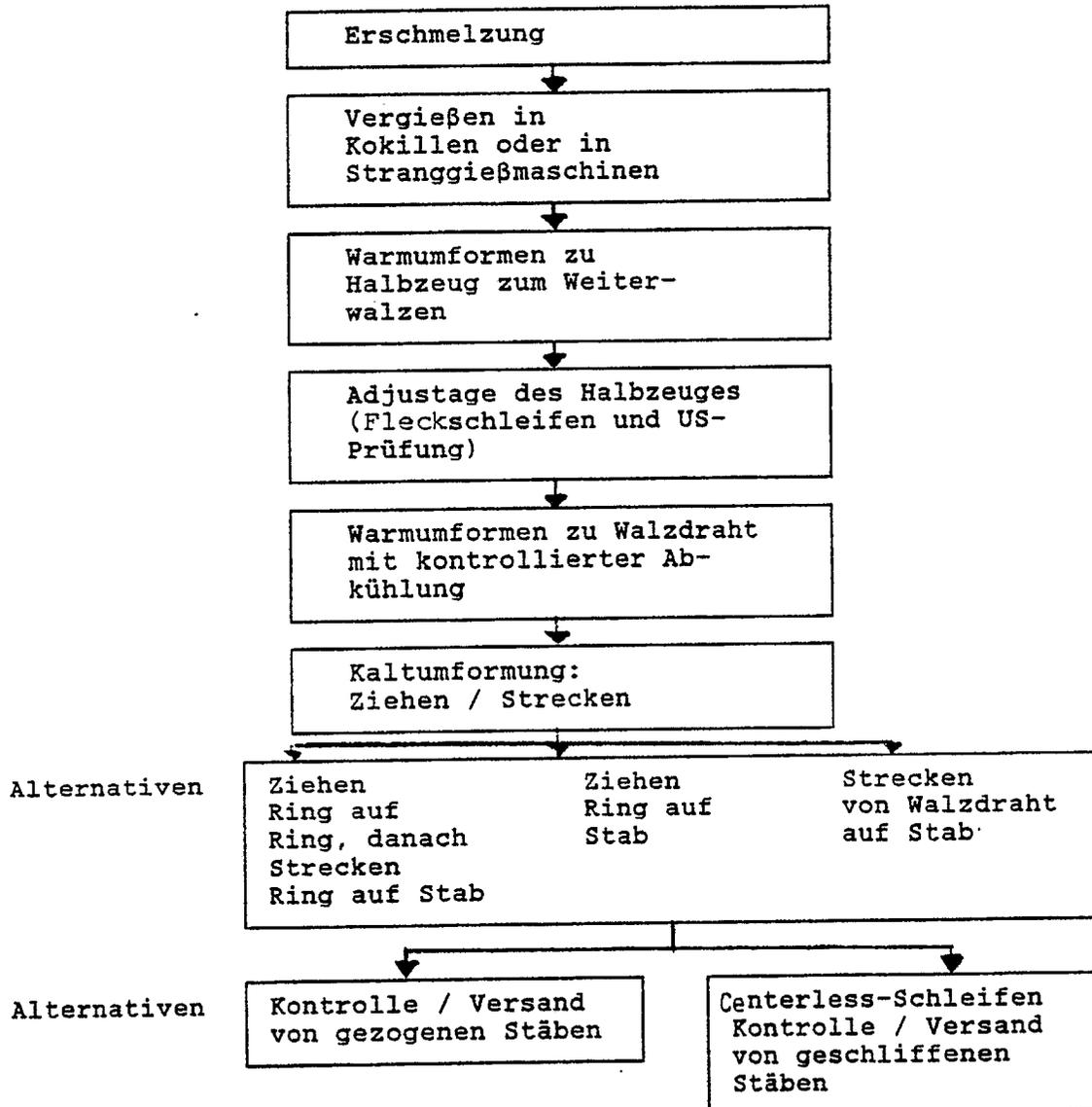


Stahl A = 1.4718, 17,5 mm  $\phi$ ; Standardvergütung  
 Stahl B = 9,32 mm  $\phi$ ;  
 AFP-Stahl Lieferzustand (BY / gezogen / geschliffen)



Stahl A = 1. 4718, 17,5 mm  $\phi$ ; Standardvergütung  
 Stahl B = 932 mm  $\phi$ ;  
 AFP-Stahl Lieferzustand (BY/ gezogen/ geschliffen)

Hauptfertigungsfolgen von AFP-Stählen für Gaswechselventile von  
Verbrennungsmotoren beim Stahlerzeuger (Erfindung)



Hauptfertigungsfolgen von AFP-Stählen für Gaswechselventile von Verbrennungsmotoren beim Ventilhersteller (Erfindung)

